PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 99/01959**
H04L 1/00	**A2**	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 14. Januar 1999 (14.01.99)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/01650

(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Juni 1998 (17.06.98)

(30) Prioritätsdaten:
197 28 469.8 3. Juli 1997 (03.07.97) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D–80333 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: HUTH, Hans–Peter [DE/DE]; Baldurstrasse 93, D–80638 München (DE). ENGMANN, Steffen [DE/DE]; Türkheimer Strasse 39, D–76829 Landau (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht
Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR CODING DIGITAL DATA

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR CODIERUNG DIGITALER DATEN

(57) Abstract

According to the invention, at least one status parameter and/or at least one connection parameter is determined. Using said parameters, at least one selection parameter is determined for selecting various error correction mechanisms from a number of error correction mechanisms, said selection parameter being used to describe a characteristic of the particular error correction mechanism in relation to the status parameter. The error correction mechanism selected is the error correction mechanism which best corresponds to a predetermined selection criterion. Useful data segments are coded and transferred using the selected error correction mechanism.

(57) Zusammenfassung

Es werden mindestens ein Zustandsparameter und/oder mindestens ein Verbindungsparameter ermittelt. Unter Verwendung der Parameter wird für verschiedene Fehlerkorrekturmechanismen aus einer Menge von Fehlerkorrekturmechanismen mindestens ein Auswahlparameter ermittelt, mit dem eine Eigenschaft des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus bezüglich der Zustandsparameter beschrieben wird. Es wird der Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt, dessen Auswahlparameter hinsichtlich eines vorgebbaren Auswahlkriteriums optimal ist. Nutzdatensegmente werden unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus codiert und übertragen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	**ES**	Spanien	**LS**	Lesotho	**SI**	Slowenien
AM	Armenien	**FI**	Finnland	**LT**	Litauen	**SK**	Slowakei
AT	Österreich	**FR**	Frankreich	**LU**	Luxemburg	**SN**	Senegal
AU	Australien	**GA**	Gabun	**LV**	Lettland	**SZ**	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MC**	Monaco	**TD**	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	**GE**	Georgien	**MD**	Republik Moldau	**TG**	Togo
BB	Barbados	**GH**	Ghana	**MG**	Madagaskar	**TJ**	Tadschikistan
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**MK**	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	**TM**	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland			**TR**	Türkei
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**ML**	Mali	**TT**	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	**IE**	Irland	**MN**	Mongolei	**UA**	Ukraine
BR	Brasilien	**IL**	Israel	**MR**	Mauretanien	**UG**	Uganda
BY	Belarus	**IS**	Island	**MW**	Malawi	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	**IT**	Italien	**MX**	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	**JP**	Japan	**NE**	Niger	**UZ**	Usbekistan
CG	Kongo	**KE**	Kenia	**NL**	Niederlande	**VN**	Vietnam
CH	Schweiz	**KG**	Kirgisistan	**NO**	Norwegen	**YU**	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**NZ**	Neuseeland	**ZW**	Zimbabwe
CM	Kamerun			**PL**	Polen		
CN	China	**KR**	Republik Korea	**PT**	Portugal		
CU	Kuba	**KZ**	Kasachstan	**RO**	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	**LC**	St. Lucia	**RU**	Russische Föderation		
DE	Deutschland	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Sudan		
DK	Dänemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Schweden		
EE	Estland	**LR**	Liberia	**SG**	Singapur		

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zur Codierung digitaler Daten

Die Erfindung betrifft die Codierung und Übertragung digitaler Daten, die in Nutzdatensegmente segmentiert sind.

Bei der paketorientierten Übertragung von Daten über Kommunikationsnetze werden zu übertragende Nutzdaten von einer ersten Anordnung zu einer zweiten Anordnung übertragen. Ziel eines jeden Datenübertragungssystems muß es sein, die von der Anwendung bzw. vom Anwender gewünschte Qualität der Datenübertragung zuverlässig zu gewährleisten. Die Übertragung erfolgt üblicherweise unter Verwendung hierarchisch angeordneter, unterschiedlicher Kommunikationsdienste. Jeder Kommunikationsdienst wird derart erbracht, daß keine Kenntnisse von Abläufen, die von direkt benachbarten Kommunikationsdiensten erbracht werden, den einzelnen Kommunikationsdiensten bekannt sind. Üblicherweise wird einer solchen hierarchischen Struktur das bekannte OSI-Schichtenmodell (Open Systems Interconnection) zugrundegelegt.

Oftmals wird der Ansatz des OSI-Schichtmodells auch aufgeweicht, um die Effizienz des Datenübertragungssystems zu erhöhen. In diesem Fall greifen einzelne Instanzen (Schichten) des Datenübertragungssystems auf aktuelle Zustände und Anforderungen zurück, arbeiten also „schichtenübergreifend".

Insbesondere Multimedia-Anwendungen stellen an heutige Datenübertragungssysteme hohe Ansprüche. Die Systeme müssen flexibel sein und sowohl auf Änderungen der Übertragungsbedingungen sowie auf verschiedene Anforderungen der Anwendungen eingehen können.

Dies ist v.a. darauf zurückzuführen, daß bei Multimedia-Applikationen unterschiedliche Datenströme mit unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich verschiedener Aspekte, z.B.

an die Laufzeitverzögerung oder an die Fehlererkennung/Fehlerkorrektur der übertragenen Daten stellen.

Digitale Datenströme in diesem Sinne sind beispielsweise zu übertragende Videodaten, Sprache oder auch textuelle Information, die z.B. gemäß dem ASCII-Format codiert ist.

Es sind zur Gewährleistung von Fehlererkennung bzw. Fehlerkorrektur verschiedene Fehlerkorrekturmechanismen bekannt:

- Mehrfache Übertragung der Datensegmente;
 Bei der Mehrfachübertragung der Datensegmente werden zumindest Teile der Datensegmente mehrfach von einer ersten Anordnung zur zweiten Anordnung übertragen, wodurch Redundanz bei der Übertragung generiert wird, womit die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Übertragung der Nutzdaten erhöht wird.

- Automatic Repeat Request (ARQ)-Verfahren;
 Auch bei den ARQ-Verfahren wird die Fehlerfreiheit durch Übertragungswiederholungen der Datensegmente gewährleistet. Bei den ARQ-Verfahren wird in der die Datensegmente empfangenden zweiten Anordnung eine Fehlererkennung für die Datensegmente durchgeführt und unter Verwendung von Empfangsbestätigungen eventuell bei fehlerhafter Übertragung weitere Redundanz zu den Datensegmenten angefordert. Die Anzahl der erforderlichen Übertragungswiederholungen ist nicht vorhersagbar, da die Datensegmente wiederholt zerstört werden können.

- Vorwärts-Fehlerkorrektur-Verfahren (Forward Error Correction-Verfahren, FEC-Verfahren);
 Mit FEC-Verfahren wird die Fehlerrate durch Hinzufügen redundanter Daten zu den Datensegmenten verringert. Die für die Übertragung der Nutzdatensegmente erforderliche Bandbreite wird nur geringfügig bis mittelmäßig erhöht. Ohne die Verwendung zusätzlicher Empfangsbestätigungen und Über-

tragungswiederholung kann jedoch eine vollständige Fehlerfreiheit nicht erreicht werden.

- Aus diesem Grund wird oftmals ein hybrider Mechanismus aus ARQ-Verfahren und FEC-Verfahren eingesetzt.

Eine Übersicht über die oben beschriebenen Fehlerkorrekturmechanismen ist in [1] zu finden.

Bei heutigen Verfahren werden alle zu übertragenden Daten bei der Übertragung hinsichtlich der Fehlererkennung bzw. Fehlerkorrektur gleich behandelt.

So ist aus [2] das in der OSI-Vermittlungsschicht angeordnete High-Level-Data-Link-Control-Protocol (HDLC-Protokoll) bekannt. Das HDLC verwendet ein ARQ-Verfahren (Go-Back-N-Protocol oder Selected-Repeat-Protocol). Dies bedeutet, daß schon in der Vermittlungsschicht als fehlerhaft erkannte Daten nochmals angefordert werden, was zu Verzögerungen führt, auf die die höher liegende OSI-Transportschicht keinerlei Einfluß hat. Dir Transportschicht kann beispielsweise mittels des Transport-Control-Protocol (TCP) realisiert werden, welches ebenfalls einen ARQ-Mechanismus umfaßt. Werden in der Transportschicht Fehler erkannt, die beispielsweise auf Puferüberläufen oder Time-Outs beruhen, fordert TCP das komplette Datensegment noch einmal an. Die in der Vermittlungsschicht vorgenommenen Übertragungswiederholungen im Rahmen des HDLC waren somit umsonst. Dies zeigt beispielhaft die Problematik, die bei bekannten Verfahren vorhanden ist.

Aus [3] ist das sogenannte Resource-Reservation-Protocol (RSVP) bekannt.

Es ist jeweils nur ein spezifischer Fehlererkennungsmechanismus für eine Applikation vorgesehen. Dies bedeutet, daß unterschiedliche Datenströme unabhängig von ihren Qualitätsanforderungen, den gleichen Fehlerkorrekturmechanismus durch-

laufen, der dadurch fehlangepaßt und in den meisten Fällen überdimensioniert ist und beispielsweise zu nicht tolerierbaren unnötigen Verzögerungen führen kann.

Somit liegt der Erfindung das Problem zugrunde, Verfahren und Anordnungen zur Codierung und Übertragung digitaler Daten anzugeben, mit denen den oben beschriebenen unterschiedlichen Anforderungen an ein Datenübertragungssystem Rechnung getragen wird.

Das Problem wird durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 1, durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 2, durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 3, durch die Anordnung gemäß Patentanspruch 13, durch die Anordnung gemäß Patentanspruch 14 sowie die Anordnung gemäß Patentanspruch 15 gelöst.

Bei den Verfahren werden die digitalen Daten derart codiert, daß die Daten in Nutzdatensegmente segmentiert sind. Mindestens ein Zustandsparameter und/oder mindestens ein Verbindungsparameter wird ermittelt und unter Verwendung des Zustandsparameters und/oder des Verbindungsparamters wird für jeden Fehlerkorrekturmechanismus aus einer vorgegebener Menge Fehlerkorrekturmechanismen mindestens ein Auswahlparameter ermittelt. Mit dem Auswahlparameter wird eine Eigenschaft des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus bezüglich des ermittelten Zustandsparameters und/oder Verbindungsparameters beschrieben. Es wird ein Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt. Die Nutzdatensegmente werden unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus codiert.

Die Anordnungen dienen zur Codierung der digitalen Daten, die in Nutzdatensegmente segmentiert sind. Dies erfolgt unter Verwendung eines ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus aus einer vorgebbaren Mengen von Fehlerkorrekturmechanismen. Die Anordnung umfaßt eine Ermittlungseinheit zur Ermittlung mindestens eines Zustandsparameters und/oder mindestens eines Verbindungsparameters. Für jeden Fehlerkorrekturmechanismus

der Menge von Fehlerkorrekturmechanismen ist ein Korrekturmodul vorgesehen, mit dem unter Verwendung des Zustandsparameters und/oder des Verbindungsparameters jeweils mindestens ein Auswahlparameter ermittelt wird. Mit dem Auswahlparameter wird eine Eigenschaft des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus bezüglich des ermittelten Zustandsparameters und/oder Verbindungsparameters beschrieben. Ferner ist eine Mechanismusauswahleinheit vorgesehen, mit der ein Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird. Weiterhin ist eine Codiereinheit vorgesehen zur Codierung der Nutzdatensegmente unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus zu Datenpakten.

Sowohl durch die Verfahren als auch durch die Anordnungen wird es möglich, unterschiedliche Anforderungen an die Datenübertragung sowohl hinsichtlich der erforderlichen Bandbreite sowie benötigter Fehlerkorrektur möglich. Es wird somit gewährleistet, daß für jede Anforderung das effizienteste Fehlerkorrekturverfahren verwendet wird. Da es auch möglich ist, Verbindungsparameter bei der Auswahl des Fehlerkorrekturmechanismus zu berücksichtigen, wird es möglich, schnell auf Änderungen der Qualität der Übertragungsstrecke zu reagieren.

Anschaulich kann die Erfindung darin gesehen werden, daß aus einer Menge vorgegebener Fehlerkorrekturmechanismen unter Berücksichtigung vorgegebener Rahmenbedingungen (Qualitätsanforderung, Zustand des Übertragungssystems) der unter den Rahmenbedingungen „optimale" Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird und die Daten unter Verwendung des Fehlerkorrekturmechanismus codiert und übertragen werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

In einer Weiterbildung sowohl des Verfahren als auch der Anordnung ist es vorteilhaft, daß der Auswahlparameter gewichtet wird und der Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird,

dessen gewichteter Auswahlparameter hinsichtlich eines vorgebbaren Auswahlkriteriums optimal ist. Durch diese Weiterbildung wird eine noch effizientere Auswahl des am jeweils geeignetsten Fehlerkorrekturmechanismus möglich.

Es ist ferner in einer Weiterbildung vorteilhaft, sowohl das Verfahren als auch die Anordnung im Rahmen einer drahtlosen Übertragung digitaler Daten einzusetzen, beispielsweise im Bereich des Mobilfunks (z.B. Datenübertragung gemäß GSM-Standard).

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im weiteren anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine Skizze eines Datenübertragungssystems (Kommunikationssystem) mit einer ersten Anordnung, einer Übertragungseinheit sowie einer zweiten Anordnung;

Fig. 2 eine Skizze, in der funktionale Einheiten eines adaptiven Fehlerkorrekturmoduls dargestellt sind;

Fig. 3 eine Skizze, in der ein im weiteren beschriebener Abfragemechanismus dargestellt ist;

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm, in dem einzelne Verfahrensschritte des Ausführungsbeispiels dargestellt sind.

Fig. 1 zeigt ein Datenübertragungssystem DS (Kommunikationssystem) mit einer ersten Anordnung A1, einer zweiten Anordnung A2 sowie einer Übertragungseinheit UE.

Die erste Anordnung A1 und die zweite Anordnung A2 sind über die Übertragungseinheit UE miteinander derart verbunden, daß Datenpakete DP monodirektional oder bidirektional ausgetauscht werden können.

Unter Datenpaketen DP sind im weiteren Nutzdatensegmente NDS mit den Nutzdatensegmenten NDS jeweils zugeordneter Steuerungsinformation SI zu verstehen.

Fig. 1 zeigt in den Anordnungen A1, A2 jeweils symbolische Anwendungen ANi (i = 1, ..., n), die Übertragungsanforderungen von Nutzdaten, die von der jeweiligen Anwendung ANi einem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK zugeführt werden.

Nutzdaten sind in diesem Zusammenhang beispielsweise Videodaten, Sprachinformation oder auch textuelle Information, die beispielsweise gemäß dem ASCII-Format codiert wird.

Unterschiedliche Arten von Nutzdaten stellen unterschiedliche Anforderungen an deren Übertragung.

Aus diesem Grund werden von der Anwendung ANi dem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK zusätzlich Qualitätsanforderungsparameter QoS (Quality-of-Service-Parameter, QoS-Parameter) zugeführt.

Mit den Qualitätsanforderungsparametern QoS fordert die Anwendung ANi jeweils eine für eine Verbindung erforderliche Qualität an.

Mit einer Verbindung wird ein digitaler Datenstrom bezeichnet, der zwischen der ersten Anordnung A1 und der zweiten Anordnung A2 übertragen wird und eine über einen vorangegangenen Verbindungsaufbau vorinitialisierte Strecke, welche über die Übertragungseinheit UE symbolisiert wird, benötigt. Eine Verbindung in diesem Sinne ist z.B. eine TCP/IP-Kommunikationsverbindung. Ein Datenfluß des IP-Protokolls (Internet Protocol) gilt dann als Verbindung, wenn der Datenstrom eindeutig identifizierbar ist und in einer Initialisierungsphase Ressourcen des Übertragungssystems zugeordnet bekommt. Hierzu kann das Resource-Reservation-Protocol (RSVP) verwendet werden (vgl. [3]).

Von der Anwendung ANi werden dem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK folgende Qualitätsanforderungsparameter QoS zugeführt:

- Gewünschte Bandbreite b_A;
 die gewünschte Bandbreite b_A definiert quantitativ das zeitabhängige Datenaufkommen von der Anwendung ANi. Die Einheit zur Beschreibung der gewünschten Bandbreite b_A ist [bit/sec].

- Maximale Zeitverzögerung t_A;
 die maximale Zeitverzögerung t_A dient insbesondere bei echtzeitsensitiven Anwendungen ANi zur Definition der maximal verträglichen Laufzeit der Nutzdatensegmente NDS.

- Maximal für die Anwendung ANi erlaubte Bitfehlerrate e_A.

- Eine Längenangabe der zu übertragenden Nutzdaten len in [bit];
 mit der Längenangabe der zu übertragenden Nutzdaten len wird es möglich, eine Laufzeitabschätzung durchzuführen. Die Längenangabe der zu übertragenden Nutzdaten len bezeichnet die maximlae Länge der von der Anwendung ANi zu übertragenden Nuztdaten.

Die zu übertragenden Nutzdaten werden in Nutzdatensegmente NDS gruppiert und ebenso dem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK zugeführt.

In dem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK wird eine hinsichtlich der Qualitätsanforderungen sowie mindestens einem aktuellen Zustand der Übertragungsverbindung beschreibenden Parameter der unter den jeweiligen Bedingungen effektivste Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt und das Nutzdatensegment NDS wird unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus bearbeitet und einer Codierungeinheit CE zugeführt.

In der Codierungseinheit CE werden die Nutzdatensegmente NDS zu Datenpaketen DP codiert und der Übertragungseinheit UE zugeführt.

Durch die Übertragungseinheit UE werden die Datenpakete DP von der ersten Anordnung A1 zu der zweiten Anordnung A2 übertragen.

In der zweiten Anordnung A2 werden die Datenpakete DP empfangen und in einer Decodierungseinheit DE decodiert. In dem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK wird die entsprechende Fehlerkorrektur bzw. Fehlererkennung gemäß dem ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus durchgeführt und die decodierten Nutzdatensegmente NDS werden der jeweiligen korrespondierenden Anwendung ANi der zweiten Anordnung A2 zugeführt.

Eine mögliche bidirektionale Kommunikation zwischen der ersten Anordnung A1 und der zweiten Anordnung A2 ist durch einen Doppelpfeil zwischen den Anordnungen A1 und A2 symbolisch dargestellt.

Das adaptive Fehlerkorrekturmodul AFK ist logisch direkt über der Codierungeinheit CE bzw. Decodierungseinheit DE angeordnet und soweit unterhalb der Anwendung ANi wie es erforderlich ist, daß noch immer die Qualitätsanforderungsparameter QoS der Anwendung ANi dem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK mitübergeben werden können.

Somit bietet es sich an, das adaptive Fehlerkorrekturmodul AFK in die Vermittlungsschicht (Link-Layer) einzubetten.

Es wird vorausgesetzt, daß die Einheit umfassend die Codierungseinheit CE, die Decodierungseinheit DE sowie die Übertragungseinheit UE derart ausgestaltet ist, daß mehrere logische und physikalische Übertragungskanäle mit synchroner Einteilung verwendet werden.

In diesem Zusammenhang wird das Time Division Multiple Access-Verfahren (TDMA-Verfahren) eingesetzt.

Bei dem TDMA-Verfahren wird die Übertragungszeit in mehrere Zeitschlitze aufgeteilt, von denen ein Teil der Zeitschlitze jeweils für die Übertragung von Daten eines bestimmten Kanals zur Verfügung gestellt wird. Im folgenden wird davon ausgegangen, daß für die Übertragung nur zwei Teilnehmer vorgesehen sind, über dieses Verfahren aber mehrere Anwendungen ANi Datenpakete DP übertragen, die konkurrierend auf die Zeitschlitze zugreifen. Die Übertragung der einzelnen Datenströme erfolgt in logischen Kanälen.

Die sich periodisch wiederholenden Einheiten, innerhalb derer sich die logischen Kanäle und somit auch die Datenpakete DP befinden, werden als Rahmen R bezeichnet.

Figur 2 zeigt das adaptive Fehlerkorrekturmodul AFK in seinen symbolisch dargestellten funktionalen Einheiten.

Es ist eine Überwachungseinheit UW vorgesehen, mit der der jeweils aktuelle Zustand des Datenübertragungssystems DS ermittelt wird. Hierzu werden die von der jeweiligen Anordnung A1, A2 jeweils versandten und empfangenen Datenmengen, d.h. die Anzahl versandter und empfangener Datenpakete DP aufgezeichnet und registriert. Jede Anordnung A1, A2 signalisiert der jeweils anderen Anordnung A1, A2 die Anzahl der versandten Datenpakete DP. Die Anordnungen A1, A2 vergleichen diesen signalisierten Wert mit der Anzahl der bei ihr korrekt empfangenen Datenpakete DP. Auf diese Weise lassen sich Verlust und Zerstörungen in beide Übertragungsrichtungen auf einfache Weise ermitteln.

Aus diesen Werten werden die Zustandsänderungen der Übertragungseinheit UE kurz-, mittel- und langfristig aufgezeichnet und gespeichert, wodurch eine detaillierte Überwachung der Übertragungseinheit UE möglich wird. Da diese Informationen

für beide Kommunikationspartner von Bedeutung sind, werden sie über die Übertragungseinheit UE als Datenpakete DP übertragen. Sie enthalten als Information sowohl Bitfehler als auch Datenpaketverluste. Da auch diese Datenpakete DP wie normale Nutzdatenpakete dem Einfluß der Übertragungseinheit UE ausgeliefert sind, wird ebenfalls der Verlust dieser Datenpakete DP überwacht und übermittelt. Die Messung und Übertragung erfolgt in äquidistanten Zeitabständen, um auch bei Verlusten dieser Datenpakete DP einen zuverlässigen Zustandsbericht zu gewährleisten, aber nicht zu viel Bandbreite für diese Überwachung zu benötigen.

Als Ergebnis der Überwachung übermittelt die Überwachungseinheit UW eine Datenpaketverlustrate e_f $[\frac{1}{\text{Datenpaket}}]$ einer Mechanismusauswahleinheit AUS.

Der Mechanismusauswahleinheit AUS werden ferner die Qualitätsanforderungsparameter QoS zugeführt. Mit der Mechanismusauswahleinheit AUS wird die für das jeweilige Nutzdatensegment NDS optimierte Zuordnung Nutzdatensegment NDS / Fehlerkorrekturmechanismus bestimmt, dynamisch überwacht und gegebenenfalls aktualisiert.

Dies erfolgt dadurch, daß von der Mechanismusauswahleinheit AUS einzelnen Korrekturmodulen Kj (j = 1, ..., m) jeweils folgende Größen zugeführt werden:

- Längenangabe der zu übertragenden Nutzdaten len;
- eine Längenangabe eines Zeitschlitzes f;
- die Datenpaketverlustrate e_f;
- die maximal erlaubte Bitfehlerrate e_A (vgl. Figur 3).

Ein Korrekturmodul Kj ist jeweils vorgesehen für jeden vorgegebenen Fehlerkorrekturmechanismus aus einer Menge vorgebbarer Fehlerkorrekturmechanismen, die in dem Datenübertragungssystem DS insgesamt vorgesehen sind.

Die einzelnen Fehlerkorrekturmechanismen werden im weiteren näher erläutert.

Jedes Korrekturmodul Kj ermittelt mindestens einen Auswahlparameter, jeweils abhängig von dem jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus. Die Auswahlparameter sind in diesem Ausführungsbeispiel:

- eine mittlere Anzahl p_{med} von Datenpaketen DP, die für die Übertragung der gesamten Nutzdatensegmente NDS der jeweiligen Anwendung ANi erforderlich ist;
- eine maximale Anzahl p_{max};
- eine bei Verwendung des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus resultierende Bitfehlerrate e_b.

Von der Mechanismusauswahleinheit AUS wird der hinsichtlich der Rahmenbedingungen optimale Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt und die Nutzdatensegmente NDS einer Anwendung ANi über einen Multiplexer/Demultiplexer MUX der Codierungseinheit CE bzw. Decodierungseinheit DE zugeführt.

Sind die Qualitätsanforderungsparameter QoS als unbedingt einzuhalten anzusehen, so kann die Übertragung der Nutzdatensegmente NDS der Anwendung ANi nur angeboten werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$e_{ges} = e_b \leq e_A$$

(Gesamtbitfehlerrate ≤ angeforderter max. Bitfehlerrate)

$$b_{ges} = \frac{len \cdot c}{p_{med} \cdot t_f} \geq b_A$$

(Bandbreite ≥ angeforderter Bandbreite)

$$t_{ges} = \frac{p_{max} \cdot t_f}{c} \leq t_A$$

(Gesamtverzögerung ≤ geforderter max. Verzögerung)

Bei Anwendungen ANi, die eine gewisse Varianz in Bezug auf die Qualitätsanforderungsparameter QoS zulassen, wird durch eine Anwendung ANi den Qualitätsanforderungsparametern QoS Gewichtungen zugeordnet und dem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK mitgeteilt, ob beispielsweise mehr Wert auf Echtzeitverhalten oder auf Fehlerfreiheit bei der Übertragung gelegt wird. Dadurch werden sowohl Auswahlverfahren für die Fehlerkorrekturmechanismen flexibler gestaltet, als auch die Möglichkeit gegeben, auf einzelne Kriterien stärker zu achten, z.B. für den Fall, daß bei einem System Bandbreiteneinsparung aus Kostengründen der wichtigste Faktor sein sollte.

Dennoch muß jeweils das Datenübertragungssystem DS feststellen, ob der angeforderte Übertragungsdienst angeboten werden kann.

Wurden Anforderungen und durch die Fehlerkorrekturmechanismen erbringbare Qualität verglichen, so können drei Fälle auftreten:

1. Die Mechanismusauswahleinheit AUS findet genau einen passenden Fehlerkorrekturmechanismus.

2. Es gibt keinen Fehlerkorrekturmechanismus, der alle angeforderten Qualitätsanforderungen zu 100% erfüllen kann.

3. Mehrere Fehlerkorrekturmechanismen erfüllen die gewünschten Bedingungen.

Tritt der erste Fall ein, so wird der entsprechende Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt und im weiteren Verfahren für die Anwendung ANi verwendet.

Bei dem zweiten Fall müssen entweder Abstriche von der Anwendung ANi hinsichtlich der Qualitätsanforderungen gemacht werden oder der Dienst muß abgelehnt werden.

Liegt der dritte Fall vor, so wird derjenige Korrekturmechanismus ausgewählt, der im Mittel als am günstigsten erscheint und die wenigste Bandbreite benötigt, ein Kriterium, daß insbesondere im Mobilfunk zu den wichtigsten gehört.

Als Gewichtungsmöglichkeit der einzelnen Parameter werden folgende drei Kategorien verwendet:

- Must
 Diese Dienstqualität muß erbracht werden.
- Best effort
 Dieser Qualitätsanforderungsparameter QoS ist nicht zwingend, die bestmögliche Erfüllung soll erbracht werden.
- other
 Sonstiger Wert dazwischen, mit dem die verschiedenen Fehlerkorrekturmechanismen numerisch gegeneinander ausgewertet werden können.

Zur rechnerischen, im weiteren detailliert beschriebenen Auswertung wird im folgenden „must" der Wert 1 zugeordnet, „best effort" der Wert 0 und $0 <$ „other" < 1 definiert.

Es werden für die Qualitätsanforderungsparameter QoS folgende Gewichtswerte w_b (für b_A), w_t (für t_A), w_e (für e_A) angenommen:

	b_A	w_b	t_A	w_t	e_A	w_e
Sprachdaten	16 kBit/s	1.0	300 ms	0.9	10^{-3}	0.8
Dateiübertragung	10 MBit/s	0.1	500 ms	0.0	0	1.0

Bitfehlerwahrscheinlichkeit e_b

Im weiteren werden Vorschriften zur Ermittlung der Bitfehlerwahrscheinlichkeit e_b verschiedener Fehlerkorrekturmechanismen aus der Datenpaketverlustrate e_f hergeleitet.

Es sollen Nutzdaten der Länge len Bit übertragen werden. Diese werden in m Nutzdatensegmente NDS segmentiert. M ist abhängig von der festen Größe eines Zeitschlitzes f sowie der Länge der pro Nutzdatensegment eingefügten Protokollinformation h, die den Platz für die Nutzdaten einschränkt. Der Platz der Nutzdaten pro Datenpaket DP wird mit u bezeichnet und ergibt sich zu

$$u = f - h.$$

Die Anzahl benötigter Datenpakete DP ergibt sich somit zu

$$m = \frac{len}{u} = \frac{len}{f - h}.$$

Die für die Berechnung notwendige Wahrscheinlichkeit für den Verlust eines Datenpakets DP sei e_f.

Bei der Einfachübertragung werden m Datenpakete DP zu je u Nutzdatenbits mit einer Datenpaketverlustwahrscheinlichkeit von e_f übertragen. Die Bitfehlerwahrscheinlichkeit e_b berechnet sich durch Summation der Wahrscheinlichkeiten für die Verluste zwischen 0 und aller m Datenpakete DP nach:

$$e_b = \frac{\text{Anzahl verlorener Bits}}{\text{Anzahl Bits gesamt}} = \frac{\sum_{i=0}^{n} i \cdot u \cdot \binom{n}{i} \cdot e_f^i \cdot (1 - e_f)^{n-i}}{n \cdot u}.$$

Der Erwartungswert $E[Bi_{n,\ p}]$ einer Binominalverteilung ergibt sich nach folgender Vorschrift.

$$E[Bi_{n,p}] = \sum_{i=0}^{n} i \cdot \binom{n}{i} \cdot p^i \cdot (1 - p)^{n-i} \quad \text{und} \quad \frac{E[Bi_{n,p}]}{n} = p.$$

Daraus folgt die Bitfehlerwahrscheinlichkeit e_b zu:

$$e_b = \frac{\sum_{i=0}^{n} i \cdot u \cdot \binom{n}{i} \cdot e_f^i \cdot (1 - e_f)^{n-i}}{n \cdot u} = \frac{u \cdot E\left[Bi_{n,e_f}\right]}{n \cdot u} = e_f .$$

Die Bitfehlerwahrscheinlichkeit e_b der Mehrfachübertragung berechnet sich entsprechend. Da jedes Datenpaket DP mehrfach übertragen wird, multiplizieren sich entsprechend die Verlustwahrscheinlichkeiten zu

$$e_b = e_f^2,$$

wobei k die Anzahl der mehrfachen Übertragungen eines Datenpakets DP bezeichnet.

Dementsprechend potenziert sich die Fehlerwahrscheinlichkeit e_b beim sogenannten M-try-ARQ-Verfahren, da jedes Datenpaket DP einmal und bei Verlust noch M-mal übertragen wird. Die Bitfehlerwahrscheinlichkeit e_b Ergibt sich demnach gemäß folgender Vorschrift:

$$e_b = e_f^{1+M} .$$

Bei Verfahren mit Redundanzgenerierung berechnen sich die Verlustwahrscheinlichkeiten etwas anders. Zu m Datenpaketen DP werden x Redundanzzellen berechnet. Treten bei den Redundanzzellen Verluste auf, so beeinflußt dies die Korrektheit der Übertragung nicht, solange keine Datenpakete DP verloren gehen oder höchstens so viele, wie Redundanzzellen korrekt übertragen werden. Die Bitfehlerwahrscheinlichkeit e_b ergibt sich in diesem Fall gemäß folgender Vorschrift:

$$e_b = \frac{1}{n \cdot u} \cdot \left(\sum_{i=0}^{x} 0 \cdot \binom{n+x}{i} \cdot e_f^i \cdot (1 - e_f)^{n+x-i} \right) +$$

$$+ \sum_{i=x+1}^{n+x} \left(\sum_{j=i-x}^{\min(n,i)} \frac{\binom{x}{i-j}\binom{n}{j}}{\binom{n+x}{i}} \cdot j \cdot u \cdot e_f^i \cdot (1 - e_f)^{n+x-i} \cdot \binom{n+x}{i} \right)$$

$$= \frac{1}{n \cdot u} \sum_{i=x+1}^{n+x} \sum_{j=i-x}^{\min(n,i)} \binom{x}{i-j}\binom{n}{j} j \cdot u \cdot e_f^i \cdot (1 - e_f)^{n+x-i} .$$

Diese Formel ist bei den beiden Redundanzverfahren einsetzbar. Beim (n + x, n)-Reed-Solomon müssen n und x eingesetzt werden, der XOR-FEC besitzt zu n Datenpaketen DP nur eine Redundanzzelle, also x = 1.

Im weiteren wird für die einzelnen Fehlerkorrekturmechanismen die mittlere sowie die maximale Anzahl benötigter Datenpakete p_{med} bzw. p_{max} ermittelt.

Bei der Einfachübertragung sind die erforderlichen Datenpakete DP im Mittel wie im Maximum gleich. Es ergibt sich für die an die Mechanismusauswahleinheit zugeführten Parameter:

$$p_{max} = p_{med} = \frac{len}{u} .$$

Bei der Mehrfachübertragung ergibt sich für die Parameter:

$$p_{max} = p_{med} = 2 \cdot \frac{len}{u} .$$

Für das Reed-Solomon-Verfahren kann die Anzahl der Redundanzzellen in Abhängigkeit der Fehlerrate festgelegt werden. Über die zu übertragenden Datenpakete DP wird eine von der Fehlerrate abhängige Anzahl von Redundanzzellen berechnet. Die Ge-

samtzahl der benötigten Datenpakete DP schwankt somit zwischen

$$p_{med} = \frac{len}{u}, \text{ und}$$

$$p_{max} = \infty,$$

also keine und beliebig vielen Redundanzzellen.

Im Idealfall wird versucht, die Redundanz genau auf die Fehlerrate abzubilden, so daß ausreichend aber nicht unnötige Redundanz vorhanden ist. In dem erfindungsgemäßen Verfahren ist dies möglich, da das Reed-Solomon-Verfahren sowohl tatsächliche Datenpaketverlustrate als auch gewünschte Bitfehlerrate mitgeteilt bekommt.

Bei dem XOR-FEC-Verfahren ist nur eine Redundanzzelle erforderlich. Mit diesem Verfahren kann aber auch nur der Verlust eines Datenpakets DP ausgeglichen werden. Da auch dieses Verfahren ohne Übertragungswiederholung auskommt, läßt sich seine Gesamtzellenzahl zu

$$p_{max} = p_{med} = \frac{len}{u} + 1$$

berechnen.

Beim sogenannten Selective-Repeat-ARQ-Verfahren ergibt sich die Schwierigkeit der Berechnung der Übertragungswiederholungen (Retransmissions). Es wird davon ausgegangen, daß es sich um eine Vollduplex-Übertragungsstrecke handelt, also keine Blockierungen eintreten und bei ausreichender Pufferung so gut wie keine Verzögerungen auftreten.

Geht man davon aus, daß alle Übertragungsfehler erkannt werden können, so liefert das Verfahren eine fehlerfreie Übertragung in einer nicht bestimmbaren Zeit. Das Prinzip ver-

sucht eine fehlerfreie Übertragung zu garantieren, was bei Verschlechterung der Fehlerrate einen erheblich größeren Aufwand an Übertragungswiederholung bedeutet. Im Mittel wird sich die Anzahl der Datenpakete inklusive Übertragungswiederholungen auf

$$p_{med} = \frac{len}{u} \cdot (e_f + 1)$$

beschränken, der schlechteste Fall benötigt eine beliebige Anzahl an Datenpaketen DP.

Bei dem gebündelten M-Try-ARQ-Verfahren ergibt sich die minimale Anzahl erforderlicher Datenpakete gemäß

$$p_{med} = \frac{len}{u} \cdot (1 + e_f \cdot M)$$

und die maximale Anzahl benötigter Datenpakete DP gemäß

$$p_{max} = \frac{len}{u} \cdot (1 + \cdot M).$$

Figur 4 zeigt in einem Ablaufdiagramm das gesamte Verfahren in detaillierten Schritten.

In einem ersten Schritt werden von dem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK von der Anwendung ANi die Qualitätsanforderungsparameter QoS empfangen (Schritt 401).

In einem zweiten Schritt 402 wird die augenblickliche tatsächliche Fehlerrate für das gesamte Übertragungssystem festgestellt.

Von der Mechanismusauswahleinheit AUS werden in einem dritten Schritt 403 von jedem Korrekturmodul Kj die oben beschriebenen Parameter abgefragt und es wird eine Tabelle mit den einzelnen Parametern ermittelt und gespeichert.

In einem weiteren Schritt 404 wird überprüft, ob ein Fehlerkorrekturmechanismus existiert, bei dem alle Qualitätsanforderungen erfüllt sind.

Ist dies der Fall, so wird in einem weiteren Schritt 405 überprüft, ob mehr als ein Fehlerkorrekturmechanismus existiert, bei dem alle Anforderungen 100%-ig erfüllt werden. Ist dies nicht der Fall, wird in einem Auswahlschritt 406 der Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt, der die Anforderungen erfüllt. Existieren mehrere Fehlerkorrekturmechanismen, die die Anforderungen erfüllen, so wird in einem zweiten Auswahlschritt 407 derjenige Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt, für den sich der geringste Bandbreitenbedarf ergibt. Für den jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus wird in einem anschließenden Schritt 408 für die Anwendung ANi der entsprechende Kanal bzw. die entsprechenden Kanäle für die Übertragung reserviert. Ist eine Reservierung möglich, was in einem Überprüfungsschritt 409 nachgeprüft wird, so werden die Nutzdatensegmente NDS für die Anwendung ANi unter Einbeziehung der Codierungseinheit CE und der Übertragungseinheit OE zu der zweiten Anordnung A2 übertragen (Schritt 410).

Ist keine Reservierung möglich (Schritt 409) oder existiert kein Fehlerkorrekturmechanismus, mit dem es möglich ist alle Anforderungen 100%ig zu erfüllen (vgl. Vergleichsschritt 404, so werden die einzelnen Qualitätsanforderungsparameter QoS daraufhin untersucht, ob sie von einem Fehlerkorrekturmechanismus 100 %-ig erfüllt werden können (Schritt 411).

Jedes Fehlerkorrekturverfahren, welches den Qualitätsanforderungsparameter jeweils nicht genügen kann, wird gestrichen (Schritt 412).

Ist die resultierende Tabelle leer, was in einem weiteren Schritt 413 überprüft wird, so wird der angeforderte Dienst, d.h. die angeforderte Übertragung, abgelehnt (Schritt 414).

Ist die Tabelle jedoch nicht leer, so erfolgt eine im weiteren erläuterte mathematische Auswertung aus Gewichtung und Effekt der einzelnen Qualitätsanforderungsparameter (Schritt 415).

Die Auswertung in Schritt 415 erfolgt durch Vektormultiplikation der den Qualitätsanforderungsparametern zugeordneten Gewichtswerten und tatsächlich erbrachter Dienstqualität je Fehlerkorrekturmechanismus. Hierfür werden die Ergebnisparameter der einzelnen Fehlerkorrekturmechanismen mit den Qualitätsanforderungsparametern QoS verglichen und gegeneinander normiert. Dabei werden die einzelnen Parameter mit Hilfe der tanh-Funktion auf den Wertebereich [-1; +1] umgerechnet, so daß erkennbar ist, welcher erbrachter Wert ober- bzw. unterhalb des geforderten Wertes liegt, also wieweit entfernt vom Idealfall der entsprechende Fehlerkorrekturmechanismus ist.

Der Idealfall wird dabei durch den Wert 0 dargestellt, -1 ist der schlechtmöglichste Wert, +1 der beste.

Die Bewertung der Dienstqualität erfolgt durch einen ersten Parameter res_b für Bandbreite, einen zweiten Parameter res_t für Verzögerung und einem dritten Parameter res_e für die Bitfehlerrate.

Die einzelnen Parameter res_b, res_t, res_e werden gemäß folgenden Vorschriften ermittelt:

$$res_b = \tanh\left(\frac{b_i - b_A}{b_A}\right);$$

$$res_t = \tanh\left(\frac{t_A - t_i}{t_A}\right);$$

$$res_e = \tanh\left(\frac{\log e_A - \log e_i}{10}\right),$$

wobei mit A die angeforderten Werte indiziert werden und mit i die tatsächlich erbrachten Werte ($i = 1, \ldots, m$). Mit m wird die Anzahl der berücksichtigten Fehlerkorrekturmechanismen bezeichnet.

Somit bekommen alle drei Parameter gleiches Gewicht, d.h. eine beispielsweise 10 %-ige Übererfüllung eines Wertes durch einen Fehlerkorrekturmechanismus kann durch die 10 %-ige Unterschreitung eines anderen Wertes wieder zunichte gemacht werden und stellt den Fehlerkorrekturmechanismus somit auf die gleiche Stufe mit einem anderen Verfahren, das beide Werte genau erfüllt.

Als effektivster Fehlerkorrekturmechanismus gilt derjenige mit dem höchsten Summanden R, der sich gemäß folgender Vorschrift ergibt:

$$R = w_b \cdot res_b + w_t \cdot res_t + w_e \cdot res_e .$$

Der gemäß dem oben beschriebenen Auswahlkriterium R effektivste Fehlerkorrekturmechanismus wird ausgewählt (Schritt 416) und der bzw. die erforderlichen Kanäle für die Übertragung werden reserviert (Schritt 417).

Ist eine Reservierung möglich, was in einem Überprüfungsschritt 418 kontrolliert wird, so werden die Datenpakete codiert und übertragen (Schritt 419).

Ist eine Reservierung nicht möglich, so wird der entsprechende Fehlerkorrekturmechanismus aus der gespeicherten Tabelle gestrichen (Schritt 420).

Ist die Tabelle leer (Überprüfungsschritt 421), so wird der Dienst abgelehnt (Schritt 422) und es erfolgt keine Übertragung der Nutzdatensegmente NDS.

Ist die Tabelle jedoch nicht leer, so wird der nunmehr in der Tabelle gespeicherte beste Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt und es wird zu dem Verfahrensschritt 416 verzweigt.

Im weiteren werden einige Alternativen zu dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel aufgezeigt.

Das Verfahren eignet sich sehr gut für eine drahtlose Übertragung digitaler Daten, beispielsweise im Bereich des Mobilfunks, z.B. unter Verwendung des DECT-Standards.

Das Verfahren und die Anordnung sind jedoch auch in allen anderen Datenübertragungssystemen DS einsetzbar.

Die Erfindung ist nicht auf das oben beschriebene Prinzip des TDMA beschränkt.

Weitere Qualitätsanforderungsparameter, beispielsweise Anforderungen hinsichtlich Verzögerungsschwankungen können ebenfalls ohne weiteres im Rahmen der Erfindung berücksichtigt werden.

Ferner kann es je nach Implementierung sein, daß die Anwendung ANi bei jedem einzelnen zu übertragenden Nutzdatensegment NDS die Qualitätsanforderungsparameter QoS dem adaptiven Fehlerkorrekturmodul AFK mit übergeben muß, oder aber das adaptive Fehlerkorrekturmodul AFK speichert die Zuordnung der Qualitätsanforderungsparameter QoS zu der jeweiligen Anwendung ANi. Durch die erste Möglichkeit kann eine Anwendung ANi auch im Laufe der Übertragung die Anforderungen ändern, was den Einsatz einer Anwendung ANi mit sich ändernden Qualitätsanforderungen ermöglichen würde.

Weiterhin ist die oben beschriebene Gewichtungsmöglichkeit nicht auf eine derartige Gewichtung beschränkt. Auch eine beliebige Gewichtung z.B. unter Verwendung von Zahlenwerten

kann selbstverständlich eingesetzt werden (Werte in einem vorgebbaren Zahlenintervall [x, y]).

Die Normierungsfunktion tanh() kann durch eine beliebige andere Normierungsfunktion ersetzt werden.

Zur weiteren Verdeutlichung der Erfindung wird im folgenden ein Zahlenbeispiel dargestellt, bei dem eine Bildtelefonanwendung einen Echtzeittransport von Videodaten über ein DECT-Funksystem anfordert. Das DECT-Übertragungssystem besitzt 12 Kanäle mit belegbaren f = 320 Bit je Zeitschlitz f. Die Laufzeit eines solchen Rahmens R beträgt t_f = 10ms. Die aktuelle Datenpaketverlustwahrscheinlichkeit betrage $e_f = 10^{-3}$ bei einer Länge der gesamt zu übertragenden Nutzdaten len = 2400 Bit:

Die einzelnen Qualitätsanforderungsparameter QoS sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	b_A	w_b	t_A	w_t	e_A	w_e
Bildtelefon	64 kBit/s	1.0	150ms	0.9	10^{-6}	0.8

Zur einfacheren Darstellung wird die Länge des Protokollkopfes pro Datenpaket DP für alle Fehlerkorrekturmechanismen gleich auf h = 32 Bit gesetzt. Mit diesen Parametern berechnet sich die Effektivität der einzelnen Fehlerkorrekturmechanismen wie folgt:

i	Verfahren	p_{med}/p_{max}	Bitfehlerwahrscheinlichkeit e_b
1	Einfachübertragung	10/10	0.001
2	Doppeltübertragung	19/19	0.000001
3	XOR-FEC	11/11	0.000008964
4	Reed-Solomon-FEC (x=2)	12/12	0.0000000447
5	Selective-Repeat ARQ	10/∞	0
6	Geb. M-try ARQ (M=1)	11/21	0.000001

Daraus errechnet sich die Bandbreite b_i, die max. Laufzeit t_i sowie die Bitfehlerwahrscheinlichkeit e_i für den jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus gemäß der folgenden Tabelle:

i	c	b_i	res_b	t_i	res_t	e_i	res_e
1	3	72 kbit/s	0.124353	40ms	0.612763	0.001	-0.598480
2	6	75 kbit/s	0.182148	40ms	0.621022	0.000001	0.000000
3	3	65 kbit/s	0.022714	40ms	0.600119	0.00000896	-0.215873
4	4	80 kbit/s	0.244919	30ms	0.664037	0.00000004	0.301022
5	3	72 kbit/s	0.124353	∞	-1.000000	0	1.000000
6	4	80 kbit/s	0.244919	40ms	0.527494	0.000001	0.000000

Die Nettodatenrate b_i berechnet sich gemäß

$$b_i = \frac{len \cdot c}{p_{med} \cdot t_f}.$$

Falls sie geringer ist als die gewünschte Bandbreite, müssen mehrere Kanäle c reserviert werden, die die Datenpakete DP parallel übertragen. Die max. Laufzeit t_i ist somit für den jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus nach folgender Vorschrift zu ermitteln:

$$t_i = \frac{p_{max} \cdot t_f}{c}.$$

Aus der Vektormultiplikation der Gewichtungen w mit den res-Parametern ergeben sich folgende Endwerte, die in der folgenden Resultatstabelle dargestellt sind:

i	$res_b \cdot w_b$	$res_t \cdot w_t$	$res_e \cdot w_e$	Ergebnis
1	0.124353·1	0.612763·0.9	-0.598480·0.8	0.197056
2	0.182148·1	0.621022·0.9	0.000000·0.8	0.741067
3	0.022714·1	0.600119·0.9	-215873·0.8	0.390124
4	0.244919·1	0.664037·0.9	0.301022·0.8	1.083370
5	0.124353·1	-1.000000·0.9	1.000000·0.8	0.024353
6	0.244919·1	0.527494·0.9	0.000000·0.8	0.719663

Die Mechanismusauswahleinheit AUS entscheidet sich für den Fehlerkorrekturmechanismus, der den größten Ergebniswert aufweist, hier also für die Nr. 4, das Reed-Solomon-Verfahren.

Anschaulich kann die Erfindung darin gesehen werden, daß aus einer Menge vorgegebener Fehlerkorrekturmechanismen unter Berücksichtigung vorgegebener Rahmenbedingungen (Qualitätsanforderung, Zustand des Übertragungssystems) der unter den Rahmenbedingungen „optimale" Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird und die Daten unter Verwendung des Fehlerkorrekturmechanismus codiert und übertragen werden.

Im Rahmen dieses Dokuments wurden folgende Veröffentlichungen zitiert:

[1] Lin, Costello, Error Control Coding, Fundamentals and Applications, Prentice-Hall, ISBN 0-13-283796-X, 1983

[2] A. S. Tannenbaum, Computer-Netzwerke, 2. Auflage, Wolframs Fachverlag, ISBN 3-925328-79-3, S. 306-310, 1992

[3] R. Braden, Resource Reservation Protocol, Internet-Draft, October 1996

Patentansprüche

1. Verfahren zur Codierung digitaler Daten, die in Nutzdatensegmente segmentiert sind, unter Verwendung eines ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus aus einer vorgebbaren Menge von Fehlerkorrekturmechanismen,
- bei dem mindestens ein Zustandsparameter ermittelt wird,
- bei dem unter Verwendung des Zustandsparameters für jeden Fehlerkorrekturmechanismus aus der Menge mindestens ein Auswahlparameter ermittelt wird, mit dem eine Eigenschaft des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus bezüglich des ermittelten Zustandsparameters beschrieben wird,
- bei dem ein Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird, und
- bei dem die Nutzdatensegmente unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus codiert werden.

2. Verfahren zur Codierung digitaler Daten, die in Nutzdatensegmente segmentiert sind, unter Verwendung eines ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus aus einer vorgebbaren Menge von Fehlerkorrekturmechanismen,
- bei dem mindestens ein Verbindungsparameter ermittelt wird,
- bei dem unter Verwendung des Verbindungsparameters für jeden Fehlerkorrekturmechanismus aus der Menge mindestens ein Auswahlparameter ermittelt wird, mit dem eine Eigenschaft des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus bezüglich des ermittelten Verbindungsparameters beschrieben wird,
- bei dem ein Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird, und
- bei dem die Nutzdatensegmente unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus codiert werden.

3. Verfahren zur Codierung digitaler Daten, die in Nutzdatensegmente segmentiert sind, unter Verwendung eines ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus aus einer vorgebbaren Menge von Fehlerkorrekturmechanismen,
- bei dem mindestens ein Zustandsparameter und mindestens ein Verbindungsparameter ermittelt werden,

- bei dem unter Verwendung des Zustandsparameters und des Verbindungsparameters für jeden Fehlerkorrekturmechanismus aus der Menge von Fehlerkorrekturmechanismen mindestens ein Auswahlparameter ermittelt wird, mit dem eine Eigenschaft des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus bezüglich des ermittelten Zustandsparameters oder Verbindungsparameters beschrieben wird,
- bei dem ein Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird, und
- bei dem die Nutzdatensegmente unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus codiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3,
bei dem mindestens zwei Zustandsparameter ermittelt und berücksichtigt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
bei dem mindestens zwei Verbindungsparameter ermittelt und berücksichtigt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
bei dem mindestens zwei Auswahlparameter ermittelt und berücksichtigt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
bei dem die Menge von Fehlerkorrekturmechanismen mindestens einen der folgenden Fehlerkorrekturmechanismen aufweist:
- Mehrfachübertragung der Nutzdatensegmente,
- Automatic Repeat Request
- Fehlerkorrektur,
- Hybrider Mechanismus Automatic Repeat Request / Fehlerkorrektur.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
bei dem der mindestens eine Zustandsparameter zumindest einen der folgenden Parameter umfaßt:
- eine Längenangabe der digitalen Daten, oder

- eine Datenpaketgröße, die sich aus der Summe der Länge des Nutzdatensegments und der Länge einer Kontrollinformation ergibt, die dem Nutzdatensegment hinzugefügt wird,

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, bei dem der mindestens eine Verbindungsparameter zumindest eine Datenpaketverlustrate umfaßt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der mindestens eine Auswahlparameter zumindest einen der folgenden Parameter umfaßt:
- eine mittlere Anzahl von Datenpaket, die für die Übertragung der digitalen Daten erforderlich ist,
- eine maximale Anzahl von Datenpaket, die für die Übertragung der digitalen Daten erforderlich ist, oder
- eine Bitfehlerrate.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
- bei dem der mindestens eine Auswahlparameter gewichtet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, eingesetzt zur drahtlosen Übertragung digitaler Daten.

13. Anordnung zur Codierung digitaler Daten, die in Nutzdatensegmente segmentiert sind, unter Verwendung eines ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus aus einer vorgebbaren Menge von Fehlerkorrekturmechanismen,
- bei der eine Ermittlungseinheit zur Ermittlung mindestens eines Zustandsparameters vorgesehen ist,
- bei der für jeden Fehlerkorrekturmechanismus ein Korrekturmodul vorgesehen ist, mit dem unter Verwendung des Zustandsparameters jeweils mindestens ein Auswahlparameter ermittelt wird, mit dem eine Eigenschaft des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus bezüglich des ermittelten Zustandsparameters beschrieben wird,

- bei der eine Mechanismusauswahleinheit vorgesehen ist, mit dem ein Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird,
- bei der eine Codiereinheit vorgesehen ist zur Codierung der Nutzdatensegmente unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus.

14. Anordnung zur Codierung digitaler Daten, die in Nutzdatensegmente segmentiert sind, unter Verwendung eines ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus aus einer vorgebbaren Menge von Fehlerkorrekturmechanismen,
- bei der eine Ermittlungseinheit zur Ermittlung mindestens eines Verbindungsparameters vorgesehen ist,
- bei der für jeden Fehlerkorrekturmechanismus ein Korrekturmodul vorgesehen ist, mit dem unter Verwendung des Verbindungsparameters jeweils mindestens ein Auswahlparameter ermittelt wird, mit dem eine Eigenschaft des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus bezüglich des ermittelten Verbindungsparameters beschrieben wird,
- bei der eine Mechanismusauswahleinheit vorgesehen ist, mit dem ein Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird,
- bei der eine Codiereinheit vorgesehen ist zur Codierung der Nutzdatensegmente unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus.

15. Anordnung zur Codierung digitaler Daten, die in Nutzdatensegmente segmentiert sind, unter Verwendung eines ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus aus einer vorgebbaren Menge von Fehlerkorrekturmechanismen,
- bei der eine Ermittlungseinheit zur Ermittlung mindestens eines Zustandsparameters und mindestens eines Verbindungsparameters vorgesehen ist,
- bei der für jeden Fehlerkorrekturmechanismus ein Korrekturmodul vorgesehen ist, mit dem unter Verwendung des Zustandsparameters und des Verbindungsparameters jeweils mindestens ein Auswahlparameter ermittelt wird, mit dem eine Eigenschaft des jeweiligen Fehlerkorrekturmechanismus bezüglich

des ermittelten Zustandsparameters und des Verbindungsparameters beschrieben wird,
- bei der eine Mechanismusauswahleinheit vorgesehen ist, mit dem ein Fehlerkorrekturmechanismus ausgewählt wird,
- bei der eine Codiereinheit vorgesehen ist zur Codierung der Nutzdatensegmente unter Verwendung des ausgewählten Fehlerkorrekturmechanismus.

16. Anordnung nach Anspruch 13 oder 15,
bei der die Ermittlungseinheit derart eingerichtet ist, daß mindestens zwei Zustandsparameter ermittelt und berücksichtigt werden.

17. Anordnung nach Anspruch 14 oder 15,
bei der die Ermittlungseinheit derart eingerichtet ist, daß mindestens zwei Verbindungsparameter ermittelt und berücksichtigt werden.

18. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 17,
bei der die Mechanismusauswahleinheit derart eingerichtet ist, daß mindestens zwei Auswahlparameter ermittelt und berücksichtigt werden.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 18,
bei der die Menge von Fehlerkorrekturmechanismen mindestens einen der folgenden Fehlerkorrekturmechanismen aufweist:
- Mehrfachübertragung der Nutzdatensegmente,
- Automatic Repeat Request
- Fehlerkorrektur,
- Hybrider Mechanismus Automatic Repeat Request / Fehlerkorrektur.

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 19,
bei der der mindestens eine Zustandsparameter zumindest einen der folgenden Parameter umfaßt:
- eine Längenangabe der digitalen Daten, oder

- eine Datenpaketgröße, die sich aus der Summe der Länge des Nutzdatensegments und der Länge einer Kontrollinformation ergibt, die dem Nutzdatensegment hinzugefügt wird,

21. Anordnung nach einem der Ansprüche 14 bis 20, bei der der mindestens eine Verbindungsparameter zumindest eine Datenpaketverlustrate umfaßt.

22. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, bei der der mindestens eine Auswahlparameter zumindest einen der folgenden Parameter umfaßt:
- eine mittlere Anzahl von Datenpaket, die für die Übertragung der digitalen Daten erforderlich ist,
- eine maximale Anzahl von Datenpaket, die für die Übertragung der digitalen Daten erforderlich ist, oder
- eine Bitfehlerrate.

23. Anordnung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, bei der die Mechanismusauswahleinheit derart eingerichtet ist, daß der mindestens eine Auswahlparameter gewichtet wird.

24. Drahtloses Kommunikationssystem mit mindestens einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

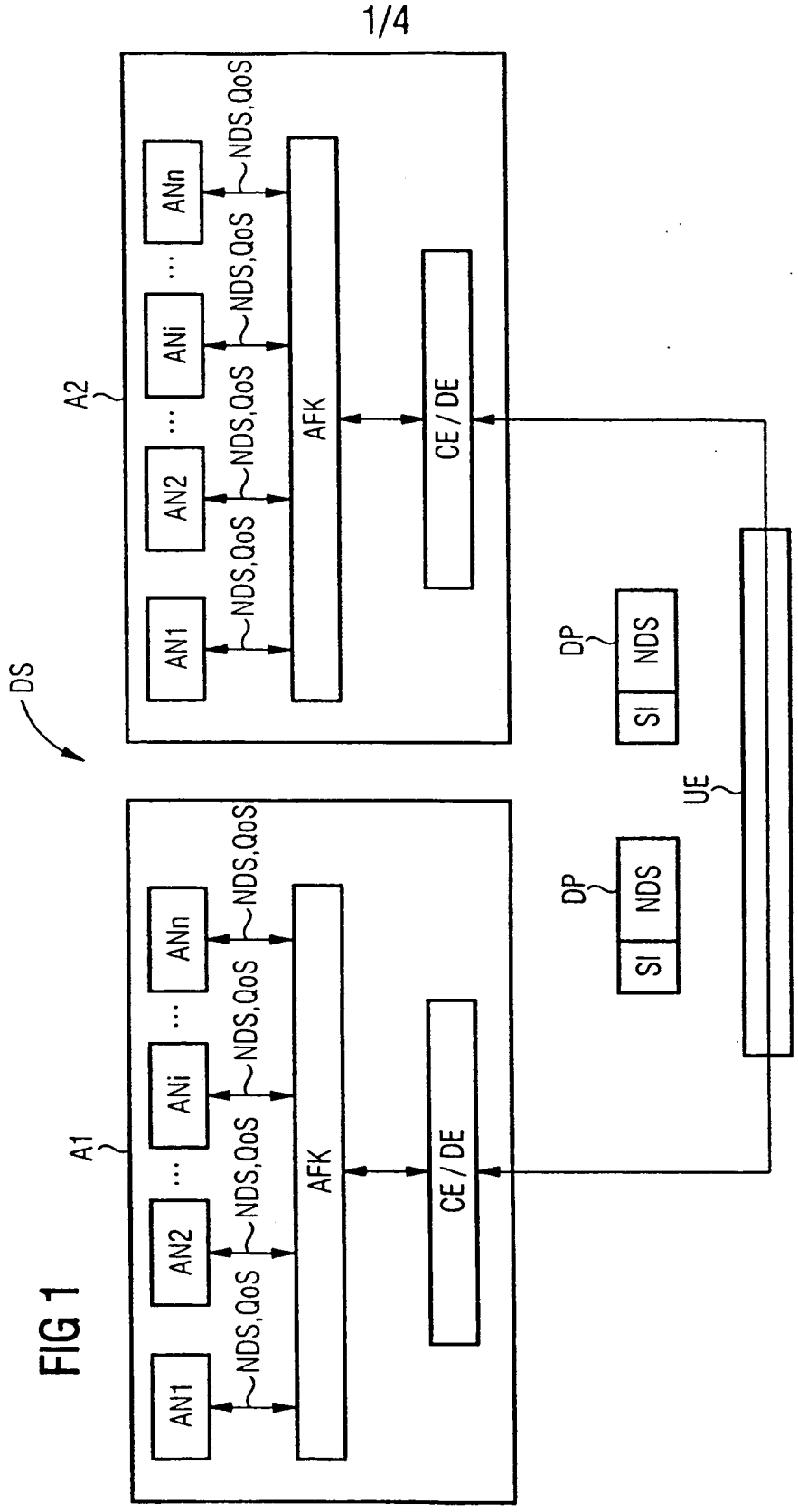


FIG 1

FIG 2

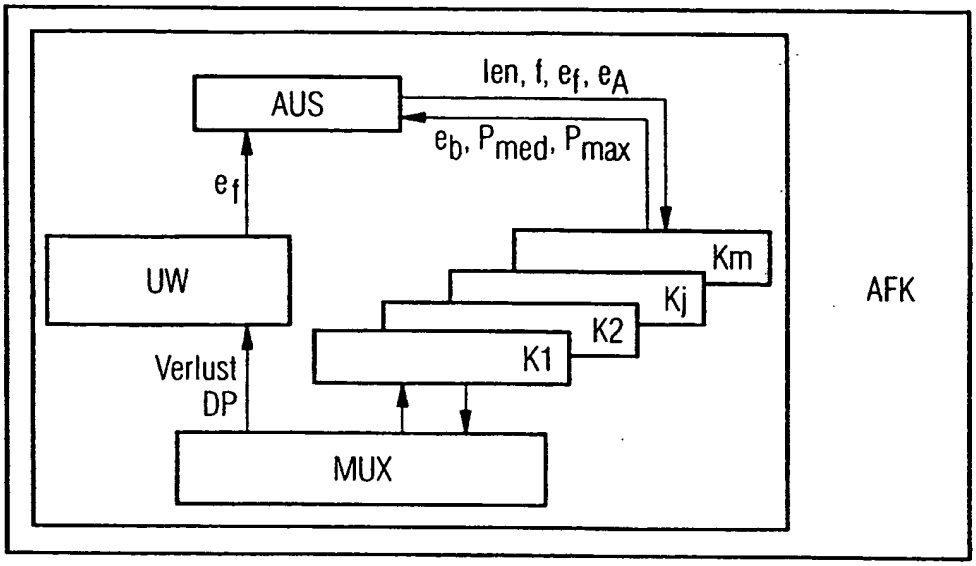

AUS
len, f, e_f, e_A
e_b, P_{med}, P_{max}
e_f
UW
Km
Kj
K2
K1
AFK
Verlust
DP
MUX

FIG 3

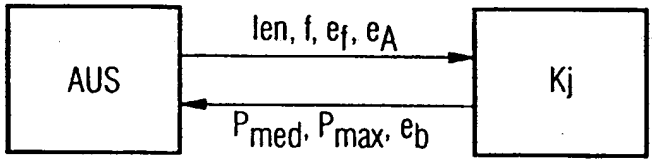

AUS
len, f, e_f, e_A
Kj
P_{med}, P_{max}, e_b

FIG 4 A

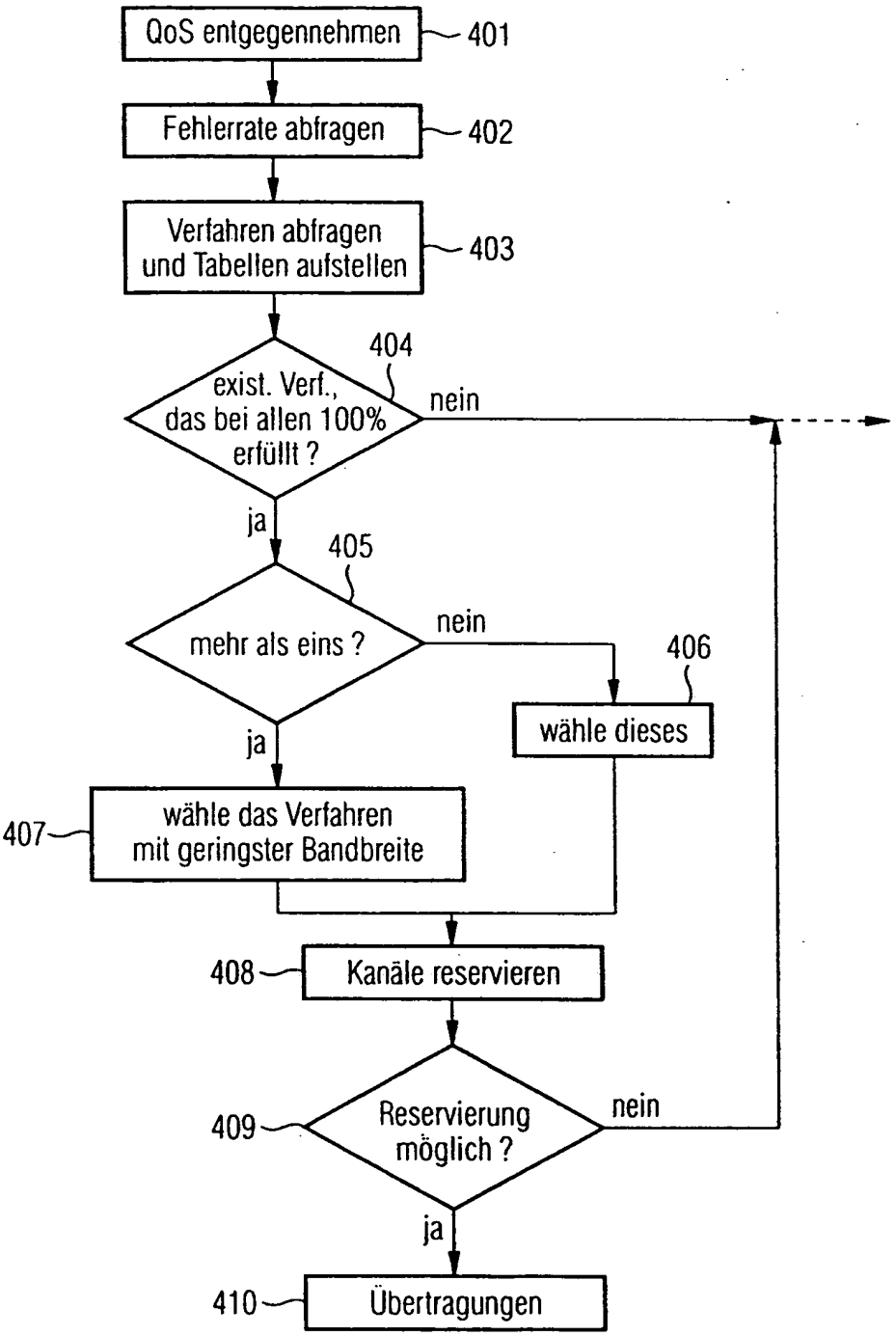
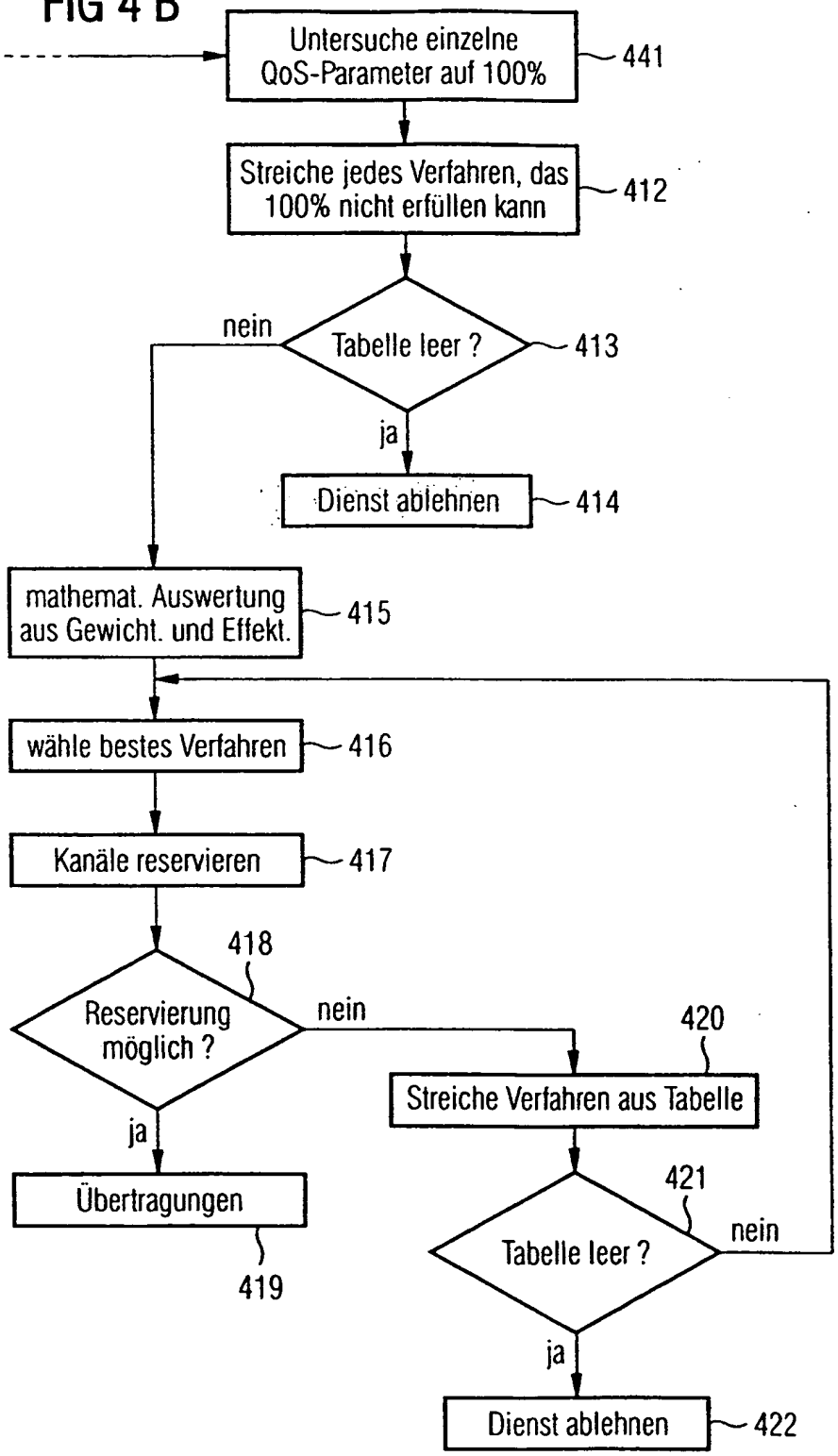

QoS entgegennehmen
401
Fehlerrate abfragen
402
Verfahren abfragen und Tabellen aufstellen
403
404
exist. Verf., das bei allen 100% erfüllt ?
nein
ja
405
mehr als eins ?
nein
406
wähle dieses
ja
407
wähle das Verfahren mit geringster Bandbreite
408
Kanäle reservieren
409
Reservierung möglich ?
nein
ja
410
Übertragungen

FIG 4 B


Untersuche einzelne QoS-Parameter auf 100%
441
Streiche jedes Verfahren, das 100% nicht erfüllen kann
412
nein
Tabelle leer ?
413
ja
Dienst ablehnen
414
mathemat. Auswertung aus Gewicht. und Effekt.
415
wähle bestes Verfahren
416
Kanäle reservieren
417
418
Reservierung möglich ?
nein
420
Streiche Verfahren aus Tabelle
ja
Übertragungen
419
421
Tabelle leer ?
nein
ja
Dienst ablehnen
422